SHL
WITHDRAWN

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL
POUR L'EXPLORATION DE LA MER

PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE

N° 51

J. P. JACOBSEN
(KÖBENHAVN)

DER LIBELLENSTROMMESSER

EIN APPARAT ZUR MESSUNG VON STROEMUNGEN IM MEERE

MIT 2 TAFELN UND 5 FIGUREN IM TEXTE

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

DÉCEMBRE 1909

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL
POUR L'EXPLORATION DE LA MER

PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE

N° 51

J. P. JACOBSEN
(KÖBENHAVN)

DER LIBELLENSTROMMESSER

EIN APPARAT ZUR MESSUNG VON STROEMUNGEN IM MEERE

MIT 2 TAFELN UND 5 FIGUREN IM TEXTE

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

DÉCEMBRE 1909

COPENHAGUE — IMPRIMERIE BIANCO LUNO

Seitdem die internationalen Meeresuntersuchungen anfingen, ist von verschiedenen Seiten eine erhebliche Arbeit aufgewendet worden, um Apparate herzustellen, die sich mit hinlänglicher Zuverlässigkeit und Genauigkeit, sowie mit möglichst geringer Mühe zur Messung von Strömungen im Meere anwenden liessen.

Die Aufgabe ist auch insofern gelöst worden, als es mehrere Konstruktionstypen gibt, die sich sehr gut benutzen lassen. So wurde bei einer Reihe von Strommessungen, die in den Monaten April, Mai und Juni dieses Jahres im Grossen Belt vor Spodsbjerg auf Langeland vom Untersuchungsschiff „Thor" aus unternommen wurden, Ekmans Strommesser benutzt, der auch, abgesehen von einigen Schwierigkeiten zu Anfang, gut funktionierte. Der Apparat muss aber von einsichtsvollen Leuten bedient werden, und zwar von 2 Mann, und die zu den Messungen erforderliche Zeit ist keine geringe. Bei den erwähnten Strommessungen lag der „Thor" auf 35 m Wasser, und unter solchen Verhältnissen dauerte eine Reihe von Strommessungen von der Oberfläche bis auf den Boden mit Messungen für jeden 5. Meter 1—1½ Stunden.

Im Hinblick auf Strommessungen in den Dänemark umgebenden Gewässern, wo es keine grossen Tiefen gibt und die Strömungen verhältnismässig stark sind, versuchte ich deshalb, aufgefordert von Docent Martin Knudsen, einen Strommesser zu konstruieren, mit dem schnellere Messungen ausgeführt werden könnten, und der, mit Rücksicht auf einen etwaigen Gebrauch von Leuchtschiffen aus, von nicht-sachverständigen Leuten bedient werden könnte.

Der neu konstruierte Strommesser wird meines Erachtens, wenn er von Leuchtschiffen aus benutzt wird, wertvolle Aufschlüsse ergeben können, und auf Grund der von uns durch fast tägliche Messungen vom „Thor" aus im Laufe von 1 Monat gewonnenen Erfahrungen werde ich hier über seine Einrichtung und seinen Gebrauch berichten und Beispiele der von uns durch seine Anwendung gewonnenen Resultate mitteilen.

Das hier angewandte Prinzip der Strommessung besteht darin, dass ein Körper von angemessenem Umfang und Gewicht an einer dünnen Leine vom Schiff aus aufgehängt wird, so dass er sich in der Tiefe befindet, in der man den Strom zu messen wünscht. Vom Schiff

aus wird die Abweichung der Leine von der Lotlinie gemessen, und dadurch wird die Stärke des Stroms in der betreffenden Tiefe bestimmt[1]).

Fig. 1 und 2 veranschaulichen den Apparat, mit dem die Abweichung der Leine von der Lotlinie gemessen wird, und zwar Fig. 1 den Apparat von oben gesehen, Fig. 2 den Apparat mit Ausschlag von der Seite gesehen.

Die Platte *A* ist in Cardanischer Aufhängevorrichtung am Rahmen *B* und den Armen *C* angebracht, die mit dem Schiffe in fester Verbindung stehen. Die Grössenverhältnisse lassen sich aus der Fig. 1 erkennen, die in $^1/_6$ natürl. Grösse gezeichnet ist.

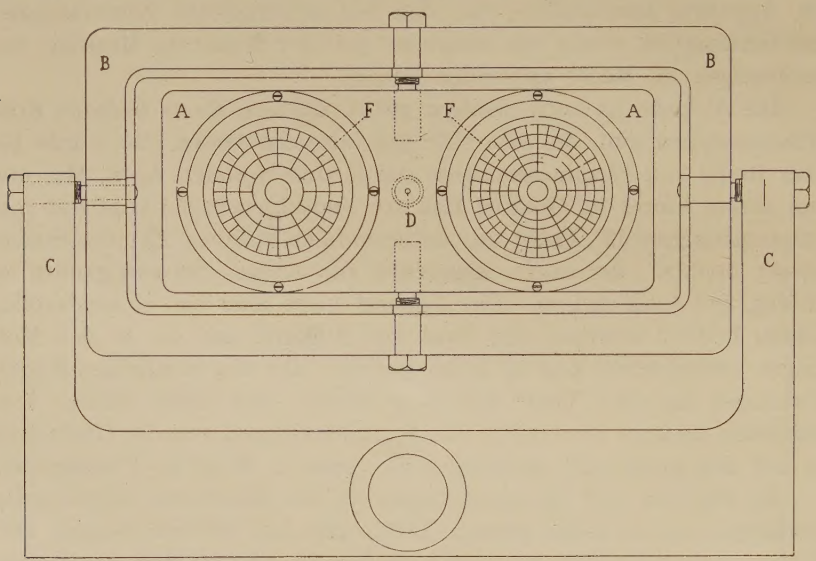


Fig. 1

In der Mitte der Platte ist oben ein Loch *D*, das sich nach unten durch die Röhre *E* fortsetzt; das Loch misst 2—3 mm im Durchmesser. Vom einem auf dem Verdeck stehenden Handspill, wurde eine dünne Stahlleine (1.7 mm im Durchmesser) über ein an einem David hängendes Meterrad durch das Loch der Platte und die Röhre hinabgeleitet. An dieser Stahlleine wurde der Körper aufgehängt. Nun wird die Röhre *E*, wenn der Strom bewirkt, dass die Leine schräge steht, und die Platte mit daran sitzender Röhre in indifferentem Gleichgewicht ist, dieselbe schräge Stellung einnehmen wie

[1]) Dies Prinzip ist schon früher angewendet und ist u. a. besprochen worden von A. W. Cronander: Om Ytström och Bottenström i Kattegatt. Kungl. Svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar, Bd. 38 No 2 (1904). Die Stromstärke ist hier nach einer 4-stufigen Skala angegeben, wo die niedrigste Stufe — „stille" nicht mit gerechnet — „sehr schwachen Strom", die höchste „sehr starken Strom" bezeichnet.

die Leine; vorausgesetzt, dass das Loch der Platte in derselben Höhe liegt wie die Drehungsachse der Platte, wird die Stellung der Leine zwischen dem Loch und Meterrad ohne Einfluss auf die Gleichgewichtsstellung sein.

Um die Abweichung der Leine von der Lotlinie messen zu können, waren an der Platte zwei Dosenlibellen *FF* angebracht: Auf dem gekrümmten Glas der Libellenbüchsen waren konzentrische Kreise für jeden 5. Grad vertical gezeichnet, so dass es möglich war, die Stellung der Luftblase schätzungsweise mit einer Genauigkeit von 1° abzulesen. Am Rande des Glases der Büchse fanden sich Einteilungen für jeden 10. Grad zur Bestimmung der Richtung des Stromes; diese Richtungsbestimmung wurde dadurch erleichtert, dass die Dosenlibelle ausser mit dem krummen Glas zugleich mit einem ebenen Glas versehen war, so dass eine sich darunter befindende Blase sich bei der geringsten Neigung sofort nach dem Rande hin bewegte. Die eine Dosenlibelle hatte ein weniger krummes Glas als die andere, damit kleine Abweichungen von der Lotlinie genauer gemessen werden könnten. Im Ganzen konnten Abweichungen bis 30° gemessen werden.

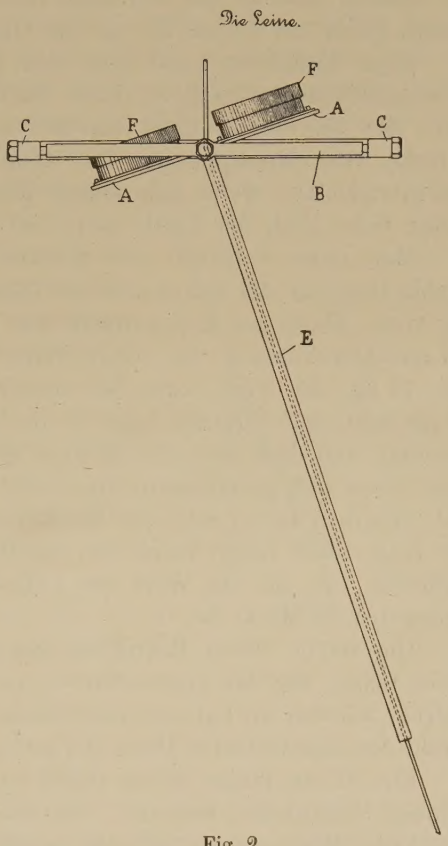


Fig. 2

Der Körper, der in die Tiefe hinabgesenkt wurde, wo der Strom gemessen werden sollte, war ein Zinkcylinder, der an beiden Enden offen war und durch Lote angemessenen Gewichts belastet wurde. Da der Strom der Tiefe nach stark schwankte, war es notwendig, schnell und bequem Cylinder und Lote wechseln zu können. Am Ende der Leine war ein Karabinerhaken befestigt, an dem das Öhr des Hahnenfusses des Cylinders eingehakt werden konnte. Am unteren Ende des Cylinders war ein Hahnenfuss mit Karabinerhaken, an dem das Lot angehakt wurde. Bezüglich der angewendeten Cylinder und Lote wird auf S. 11 verwiesen.

Massgebend für die Wahl des offenen Cylinders als Abtriftskörper war zuvörderst der Wunsch, den Körper bis in eine Tiefe hinabzubringen, wo die Stärke des Stroms eine solche ist, dass der Körper eine angemessene Abtrift erhält, während der Strom der Oberflächenschicht so stark ist, dass der Körper beim Ausfieren an die Oberfläche geführt werden würde. Durch den offenen Cylinder strömt das Wasser so schnell, dass er bei schnellem Ausfieren die erwünschte Tiefe erreicht, bevor der Strom ihn an die Oberfläche führen kann.

Beim Einhieven kann man den Körper in einem solchen Falle gewöhnlich nicht so schnell durch die Oberflächenschicht hinaufführen, dass der Strom ihn nicht ergreift; er erreicht die Oberfläche eine Strecke vom Messapparat. Das Einhieven verursacht jedoch keine Schwierigkeiten, wenn man durch einen Block dafür sorgt, dass die Leine beim Loch der Platte keine zu scharfe Beugung erhält.

Man muss natürlich aus Rücksicht auf die vom Strom verursachte Beugung der Leine diese so dünn wählen, wie irgend möglich; die vom „Thor" aus angewendete war eine geschlagene Stahlleine von 1·7 mm Durchmesser; die verwendeten Belastungen wogen gewöhnlich 10—15 kg. Es wird, auch bei derselben Belastung, kaum etwas im Wege sein, eine dünnere Leine in der Gestalt einer Klaviersaite anzuwenden, und dies wird eine kleinere Korrektion der Beugung ergeben; man muss sich ja erinnern, dass man sich, wenn man eine Reserve hat, erlauben kann, sich der Bruchgrenze der Leine mehr zu nähern, als man sonst beim Aushieven von hydrographischen Apparaten gewöhnlich tut, da der Wert des Cylinders und Lots verhältnismässig gering (ca. 10 Mark) ist.

Um davon einen Begriff zu bekommen, wie viel die Beugung einer Leine, wie der angewendeten, unter verschiedenen Verhältnissen betrug, wurden im Laboratorium einige Messungen angestellt, teils mit Draht der angewendeten Dicke (1·7 mm), teils mit 2·9 mm dickem Draht.

Ein 22 cm langes Stück Draht wurde am einen Ende an einem dünnen Seidenfaden befestigt, der wiederum an einem horizontal beweglichen Mechanismus befestigt wurde, so dass der Draht mit konstanter Geschwindigkeit in einem Behälter mit Wasser, worin er ganz hinabgesenkt war, vorwärts geführt werden konnte. Der Draht nahm dabei Stellungen ein, die mehr oder weniger von der senkrechten Linie abwichen, je nachdem die Geschwindigkeit, mit der er vorwärts geführt wurde, grösser oder kleiner war. Das Vorwärtsführen geschah mittels eines Elektromotors, wobei die Transmission einer Drehbank benutzt wurde. Der Behälter hatte parallele Glasseiten, und an der einen von diesen wurde eine Kompassrose gezeichnet an dem Ende des Gefässes, wo der Draht seine Bewegung endigte, und so war es möglich, den Neigungswinkel zu bestimmen, den das Drahtstück während der stationären Bewegung mit der Lotlinie bildete.

Das dünne Stück Draht wog 0·091 g, das dicke 0·305 g. pr cm.

Um die Kräfte, die während der Bewegung auf das Drahtstück wirken, annähernd bestimmen zu können, stellen wir folgende Betrachtungen an.

Ist das Drahtstück AB l cm, das Gewicht eines Centimeters davon im Wasser p, der Neigungswinkel v, so wird das Moment, das zur einen Seite dreht, wenn A Drehungsachse ist, $\frac{l}{2} \cdot p \cdot l \cdot \sin v$. Das zur anderen Seite drehende Moment ist die Resultante aller Reibungskräfte multipliziert mit deren Arm. Wenn das Drahtstück in senkrechter Stellung mit einer gewissen Geschwindigkeit durch das Wasser geführt wird, nennen wir die Reibungskraft per cm k. Bei schräger Stellung wird das Wasser offenbar mit einer Tangentialkraft längs dem Draht wirken. Ohne spezielle Untersuchung lässt sich nicht entscheiden, welche Richtung die Resultante der Reibungskräfte hat; wahrscheinlich liegt die Richtung unter der wagerechten Linie. In erster Annäherung wollen wir annehmen, dass die Resultante der Reibungskräfte wagerecht und eben so gross ist, wie sie sein würde bei einem Stück Draht, das senkrecht und so lang ist, wie die Projektion von AB auf die senkrechte Linie. Dann wird die Resultante K

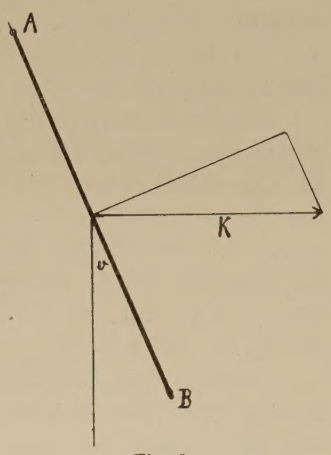


Fig. 3

$$K = k \cdot l \cdot \cos v$$

und das drehende Moment

$$k \cdot l \cdot \cos^2 v \cdot \frac{l}{2}.$$

Also hat man $\frac{l^2}{2} \cdot p \cdot \sin v = \frac{l^2}{2} \cdot k \cdot \cos^2 v$,

woraus folgt

$$k = \frac{p \cdot \operatorname{tg} v}{\cos v}.$$

Selbstverständlich hat der Mangel der Theorie weniger Bedeutung, wenn die Stellung des Drahtstücks fast senkrecht ist.

Die in der Tab. 1 angeführten Werte von v sind die mittleren Zahlen zweier Beobachtungen.

Tabelle 1

Geschwindigkeit H cm/sec	Drahtstück 1. Länge 22 cm, Diam. d_1 1·7 mm Gewicht im Wasser pr cm $p_1 = 0{\cdot}079$ g			Drahtstück 2. Länge 22 cm, Diam. d_2 2·9 mm Gewicht im Wasser pr cm $p_2 = 0{\cdot}263$ g			$\frac{k_2}{k_1}$	$\frac{d_2}{d_1}$
	v	$k_1 = \frac{p_1 \cdot \operatorname{tg} v}{\cos v}$	$\frac{10000\ k_1}{H^2}$	v	$k_2 = \frac{p_2 \cdot \operatorname{tg} v}{\cos v}$	$\frac{10000\ k_2}{H^2}$		
50	57°	0·223	0·89	44°	0·353	1·41	1·58	1·71
27	37°	0·075	1·02	24°·5	0·132	1·81	1·77	
17·4	18°	0·027	0·89	10°	0.047	1·55	1·74	

Bei einer Schlussfolgerung von den bei einem solchen Laboratoriumversuch gefundenen Werten auf die analogen, die sich bei einer Strommessung im Meere geltend machen, muss man immer sehr vorsichtig sein, und tatsächlich sind auch die Konstanten, von denen die Beugung der Leine abhängt, durch besondere Versuche an Bord ausfindig gemacht. Die Versuche im Laboratorium dienen dennoch zur Orientierung darüber, wie die auf die Leine wirkenden Kräfte von der Geschwindigkeit des Stroms und dem Durchmesser der Leine abhängen, und, wie wir später sehen werden, stimmen die im Laboratorium gefundenen Konstanten so gut mit den bei der wirklichen Strommessung geltenden, wie man nach den Fehlerquellen, die den Bestimmungen anhaften, erwarten konnte. Es geht aus der Tab. 1 hervor, dass der auf die Leine wirkende Druck annäherungsweise dem Quadrat der Geschwindigkeit und dem Durchmesser der Leine proportional ist.

Berechnet man unter dieser Voraussetzung den Druck, den ein Strom von 1 $^{cm}/_{sec}$ auf ein Stück Leine ausübt, das 1 m lang ist und im Querschnitt einen Durchmesser von 1 mm hat, so kommt man zur Grösse 0·0055 g bei nur wenig von der Lotlinie abweichender Leine. Ist der Winkel der Leine mit der Lotlinie v, und nimmt man an, dass die Kraft, mit welcher der Strom auf die Leine wirkt, sich wie $\cos v$ verhält, so wird die Kraft um 10 % geringer sein, wenn v 25° ist als bei $v = 0°$.

Nehmen wir nun an, dass die Leine mit Cylinder und Lot bis in eine Tiefe von m Meter hinabgesenkt wird, dass die Abweichung von der senkrechten Linie nur klein ist, dass das Gewicht von Cylinder und Lot für den Gewichtverlust im Wasser korrigiert P kg und das Gewicht der Leine im Verhältnis dazu verschwindend klein ist.

Da die Beugung der Leine nur klein ist, können wir ihre Form annähernd als eine Kettenbrückenlinie betrachten, die im Mittelpunkt die Spannung P hat, und wo die auf die Längeneinheit von 1 m wirkende Kraft $0{\cdot}0055 \cdot d \cdot H^2$ Gramm ist, indem d der Durchmesser des Querschnitts in Millimetern und H die hier als konstant annehmbare Geschwindigkeit des Stromes in $^{cm}/_{sec}$ ist.

Macht man den Mittelpunkt der Leine zum Anfangspunkt, die Tangente daran zur Abscissenachse (Fig. 4), so hat die Kurve folgende Gleichung

$$y = \frac{0{\cdot}0055 \cdot d \cdot H^2}{2000 \cdot P} \cdot x^2.$$

Nennen wir den Winkel zwischen den Tangenten zu dem obersten und untersten Punkt der Kurve φ, und setzen wir die Abscisse des obersten Punkts gleich $\frac{m}{2}$, so haben wir:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{0{\cdot}0055 \cdot d \cdot H^2 m}{2000 \cdot P}.$$

Setzen wir $\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} = \frac{\varphi}{2}$, und übertragen wir φ in Bogengrade, so haben wir

$$\varphi = 0{\cdot}000315 \cdot \frac{d \cdot H^2 \cdot m}{P}$$

Da die Stromstärke an der Stelle, wo sich der Körper befindet, durch den Winkel bestimmt wird, den die Tangente zum untersten Punkt der Leine mit der senkrechten Linie bildet, muss man, um diesen zu finden, von dem oben gemessenen Winkel den Winkel φ abziehen. Ist die Geschwindigkeit H nicht konstant, so müssen die Beugungen der einzelnen Strecken der Leine addiert werden.

Da die Messungen, zu denen der Apparat benutzt wurde, gewöhnlich bei jeden 5. Meter der Tiefe angestellt wurden, war es natürlich, die Beugungen von Stücken von 5 m zu addieren. Aus der gefundenen Formel sieht man, dass die Beugung einer Strecke von 5 m der benutzten Leine (1·7 mm im Durchmesser) bei einer Geschwindigkeit von 1 $^{cm}/_{sec}$ und einer Belastung von 1 kg 0·0027° ausmacht.

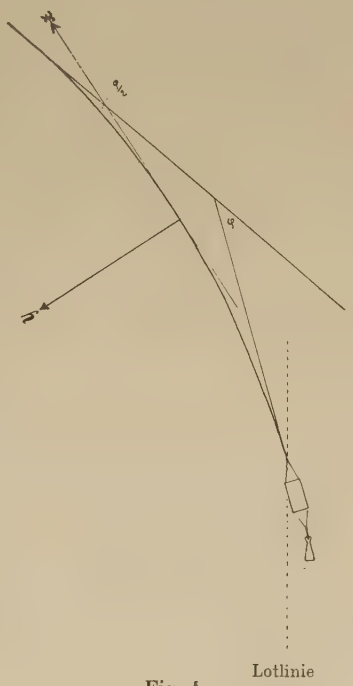


Fig. 4

Die Bestimmung der Beugung der Leine bei Versuchen an Bord wurde unternommen, wenn der Strom am Boden (35 m) schwach war. Die Leine wurde gewöhnlich mit einem Lot belastet, das 10·8 kg, in ein paar Fällen 6·5 kg wog. War der Einfluss des Bodenstroms auf die Stellung des Lots verschwindend klein, so war die ganze gemessene Abweichung von der Lotlinie auf den Einfluss des Stroms auf die Leine zurückzuführen. In den Fällen, wo ein schwacher Bodenstrom vorkam, musste die Abweichung, die er durch Einfluss auf das Lot verursachte, von dem gemessenen Winkel abgezogen werden. Es war durch vorläufige Messungen in 5 m Tiefe festgestellt worden, wie grosse Ausschläge der Leine man bei verschiedenen Stromstärken bei Anwendung der erwähnten Lote allein erhielt. Die Bestimmungen der Stromstärke in den verschiedenen Tiefen geschahen mit Ekman's Strommesser, mit welchem Apparat zu bestimmten Zeiten im Laufe von 24 Stunden 6 Reihen von Messungen ausgeführt wurden. Schon aus dem Grunde, dass eine Reihe von Messungen mit Ekman's Apparat ca. $1^1/_2$ Stunden dauerte, war es nicht möglich, in allen Tiefen gleichzeitige Messungen zu erhalten, und

es war somit notwendig, zur Bestimmung der Stromstärke in den verschiedenen Tiefen zu dem Zeitpunkt, wo die Bestimmung der Beugung der Leine stattfand, eine Interpolation anzuwenden. Diese wurde graphisch ausgeführt, und es wurde dafür gesorgt, dass der Zeitpunkt der Bestimmung der Beugung den Zeitpunkten der Strommessungen möglichst nahe lag. Im Laufe von 8 Tagen wurden 15 solche Bestimmungen der Beugung ausgeführt.

In der Tabelle 2 ist aufgeführt der durch die Beugung der Leine verursachte Winkel φ, ferner ΣH^2, d. h. die Summe der Quadrate der Geschwindigkeiten bei 5, 10, 15, 20, 25 und 30 m + die halbe Summe der Quadrate der Stromgeschwindigkeiten bei 0 und 35 m, sowie die Belastung P für den Gewichtverlust im Wasser korrigiert. Die Grösse $\frac{\varphi \cdot P}{\Sigma H^2}$ in der letzten Kolumne der Tabelle bezeichnet die in dieser Weise

Tabelle 2

φ	ΣH^2	P	$\frac{\varphi \cdot P}{\Sigma H^2}$
5	14800	9·3	0·00314
6	17900	9·3	312
6	18100	9·3	308
6	7000	5·9	506
7·5	32600	9·3	214
7·5	11100	5·9	399
8	26300	9·3	283
8	29700	9·3	250
11	34400	9·3	297
13	39000	9·3	310
13	32900	9·3	368
15	50900	9·3	274
20	77800	9·3	239
25	79100	9·3	294
26	42300	5·9	363

Mittlerer Wert von $\frac{\varphi P}{\Sigma H_2} = 0{\cdot}00315$

gefundene Beugung eines Leinenstücks von 5 m bei einer Belastung von 1 kg und einer Stromgeschwindigkeit von 1 $^{cm}/_{sec.}$ Die mittlere Zahl aller Bestimmungen ist 0·00315. Betrachten wir die Messungen als Wiederholungen mit demselben Gewicht, so wird der mittlere Fehler dieser Zahl 0·00019. Wie man sieht, ergeben diese Versuche einen etwas grösseren Wert der Beugung als die Versuche im Laboratorium. Bei der Ausrechnung der Tabellen über die Beugung der Leine ist die Zahl 0·00315 zu Grunde gelegt unter Berücksichtigung des Gewichtverlustes von Lot und Cylinder im Wasser.

Die bei den Strommessungen angewendeten Körper waren, wie erwähnt, mit angemessenem Lot belastete Cylinder oder ein Lot allein. Folgende Cylinder und Lote wurden angewendet.

Cylinder	I,	Länge	35 cm	Durchmesser	15 cm	Gewicht	1·0 kg
„	II,	„	50 „	„	22 „	„	2·0 „
„	III,	„	66 „	„	33 „	„	3·4 „

Eisernes kegelförmiges Lot, Länge ca 40 cm
Durchmesser oben „ 5 „
„ unten „ 10 „
Gewicht 10·8 kg

Bleiernes Lot, Länge ca 38 cm „ 6·5 „
„ „ „ „ 23 „ „ 3·0 „

Da die Beugung der Leine mit Gewicht von Lot und Cylinder abnimmt, wird es gewöhnlich am besten sein, die grösste Belastung in Verbindung mit möglichst grossem Cylinder anzuwenden. Bei schwachen Strömen in allen Wasserschichten wird mit Vorteil ein grosser Cylinder ohne fernere Belastung angewendet.

Die Aichung der Ausschläge bei den verschiedenen Cylindern und Loten wurde durch den Strom im 5 m Tiefe unternommen, indem gewöhnlich in der Zeit, während welcher diese Messungen dauerten, gleichzeitig mit Strommessung in 5 m Tiefe mit Ekman's Apparat die Messungen mit dem Libellenstrommesser ausgeführt wurden, die durch verschiedene Kombinationen von Loten und Cylindern ausführbar waren. Zur Bestimmung der Beugung der ca 5 m Leine, die ausgehievt waren, diente die mittlere Zahl der durch Ekman's Apparat bestimmten Stromgeschwindigkeiten in 5 m Tiefe und der kurz vorher oder kurz nachher ausgeführten Messung an der Oberfläche; die Beugung wurde in oben angegebener Weise berechnet und von dem gefundenen Ausschlag der Libelle abgezogen. Es wurden im ganzen 108 Vergleiche dieser Art angestellt. Tafel 1 enthält die graphische Darstellung der einander entsprechenden Werte der Libellenausschläge und Stromgeschwindigkeiten für die drei Cylinder bei Anwendung des Lotes von 10·8 kg sowie in den Fällen, wo ein Lot allein benutzt wurde. Die hier in Frage kommenden Beobachtungen sind alle durch einen kleinen Kreis gekennzeichnet.

Für den mit dem 10·8 kg Lot belasteten Cylinder II wurde eine Ausgleichung der Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate versucht, teils nach der Formel

$$v = as + bs^2$$

teils nach der Formel $\operatorname{tg} v = a_1 s + b_1 s^2$

wo v den für die Beugung korrigierten Ausschlag der Libelle, s die Stromstärke, $a\, b\, a_1\, b_1$ die Konstanten bezeichnen.

Die Konstanten erhielten folgende Werte:

$a = 0{\cdot}134 \quad b = 0{\cdot}00204 \quad a_1 = 0{\cdot}00190 \quad b_1 = 0{\cdot}0000455.$

Die diesen Formeln entsprechenden Kurven sind in Taf. I punktiert unter

den Beobachtungen von Cylinder II aufgenommen, aber, wie man sieht, entsprechen sie ihnen nicht genau genug, sondern ergeben systematische Abweichungen zu entgegengesetzten Seiten bei den kleinen und grossen Libellenausschlägen.

Wenn der Körper in allen Stellungen dem Strom dieselbe Fläche darbot, hätte man einigen Grund zu erwarten, dass die Kraft, mit welcher der Strom auf den Körper wirkt, der 2. Potenz der Geschwindigkeit proportional wäre, was durch die Formel von $\operatorname{tg} v$ ausgedrückt wird, wenn $a_1 = 0$ wäre. Die Ursache, dass dies nicht der Fall ist, mag darin zu suchen sein, dass das Wasser bei grösseren Neigungswinkeln durch den Cylinder strömt, wodurch die Verhältnisse sich mehr verwickeln. Eine Rolle dabei spielt vielleicht der Hahnenfuss, der vierzweigig war, und dessen Dimensionen daher angeführt werden:

Cylinder I, Länge der Zweige des Hahnenfusses ca 25 cm
„ II, „ „ „ „ „ „ 30 „
„ III, „ „ „ „ „ „ 30 „

Der Hahnenfuss war aus einer ca 6 mm dicken Leine hergestellt. Da es nicht als vorteilhaft anzunehmen war, sich auf weitläufigere Formeln einzulassen, wurde einfach dadurch ausgeglichen, dass die Kurve den Beobachtungen so gut wie möglich entsprechend nach dem Augenmass gezeichnet wurde.

Für die Kombinationen von Cylindern und Loten, die bei dieser graphischen Ausgleichung nicht herangezogen wurden, und für welche die Beobachtungen nicht so zahlreich sind, wurde die Stromstärke, die den gefundenen Ausschlägen entsprechen würde, falls der Cylinder mit einem Lot von 10·8 kg belastet gewesen wäre, unter der Voraussetzung berechnet, dass die Stromstärke sich verhält wie die Quadratwurzel des Verhältnisses zwischen den Gewichten von Cylinder und Lot; es ist ja möglich, dass dies richtig sein mag, wenn es sich auch für die verschiedenen Ausschläge ergäbe, dass die auf den Körper wirkende Kraft der 2. Potenz der Stromstärke nicht proportional ist. Die Beobachtungen, die zur Verfügung stehen, und die nach der oben erwähnten graphischen Ausgleichung abgesetzt und durch die Symbole:

△ bei Belastung des Cylinders mit einem Lot von 6·5 kg
⊡ „ „ „ „ „ „ „ „ 3·0 „
+ wenn der Cylinder nicht mit Lot belastet war

gekennzeichnet sind, streiten jedenfalls nicht dagegen, und wir gehen deshalb davon aus, dass es so seine Richtigkeit hat, und dass man also aus der graphischen Ausgleichung für die verschiedenen Cylinder erst Tabellen für die den Ausschlägen entsprechenden Stromstärken bei einer Belastung der Cylinder mit 10·8 kg und sodann daraus die den verschiedenen Ausschlägen bei anderen Belastungen derselben Cylinder entsprechenden Stromstärken ausfindig machen kann durch Multiplika-

tion der Stromstärken mit der Quadratwurzel des Verhältnisses zwischen der Gesamtbelastung (Lot + Cylinder im Wasser gewogen) im letzten und im ersten Falle.

Zu bemerken ist jedoch, dass die Werte der Stromstärke, die man durch eine solche Extrapolation aus den Werten findet, welche gelten, wenn die Cylinder mit 10·8 kg belastet sind, nicht so gut bestimmt werden wie diese.

In Tabelle 3 sind die Stromstärken angegeben, die den Ausschlägen

Tabelle 3

Stromgeschwindigkeit in $^{cm}/_{sec}$, mit dem Libellenstrommesser ohne Beugung der Leine gemessenen Winkeln entsprechend.

Cylinder	I	II	III	kein	kein
Dimension	35 cm × 15 cm	50 cm × 22 cm	66 cm × 33 cm		
Gewicht	1·0 kg	2·0 kg	3·4 kg		
Gewicht des Lots	10·8 kg	10·8 kg	10·8 kg	10·8 kg	6·5 kg
Winkel 1	17	13	7	35	32
— 2	26	21	12	45	45
— 3	32	27	17	54	55
— 4	36	32	20	62	65
— 5	40	36	23	70	74
— 6	43	39	26	77	84
— 7	46	42	29	85	94
— 8	49	45	32	93	103
— 9	52	47	34	100	113
— 10	55	49	37	108	123
— 11	57	51	40	115	132
— 12	59	54	43	122	141
— 13	62	56	45	129	150
— 14	64	58	47	136	160
— 15	66	59	49	143	169
— 16	69	61	52	150	
— 17	71	63	54	157	
— 18	73	65	56	163	
— 19	75	67	58	170	
— 20	78	69	60	176	
— 21	80	71	62	183	
— 22	82	72	65	189	
— 23	84	74	67	196	
— 24	86	76	69	202	
— 25	88	78	71	209	
— 26	91	79	73		
— 27	93	81	75		
— 28	95	83	77		
— 29	97	84	79		
— 30	99	86	82		

für die drei mit 10·8 kg belasteten Cylinder, sowie für die zwei Lote von 10·8 und 6·5 kg allein entsprechen, indem angenommen wird, dass die Leine nicht gebogen ist.

Man bemerke, dass der Unterschied an Stromstärke derselben Ausschläge für die Cylinder I und II und für die Cylinder II und III in entgegengesetzter Richtung geht in bezug auf ihre Grösse für kleine und für grosse Ausschläge; dies lässt sich vielleicht daraus erklären, dass der Hahnenfuss am kleinen Cylinder mehr als am grösseren Cylinder das Wasser hemmt, das bei den grösseren Ausschlägen hindurch strömen soll.

Da es wegen der schrägen Stellung der Leine notwendig ist, etwas mehr Leine auszustecken, um eine bestimmte Tiefe zu erreichen, als wenn die Leine senkrecht wäre, wird hier in Tab. 4 die Leinenlänge angeführt, die für die verschiedenen Tiefen und Ausschläge ausgesteckt werden muss; sie ist einfach durch Division der Tiefe durch cos des Ausschlages gefunden, indem also in diesem Zusammenhang die Beugung der Leine ausser Betracht gelassen ist; der hierdurch verursachte Fehler der Tiefenbestimmung wird jedoch im allgemeinen ohne Bedeutung sein.

Tabelle 4

Tiefe	5°	10°	15°	20°	25°	30°
5	5·0	5·1	5·2	5·3	5·5	5·8
10	10·0	10·1	10·3	10·6	11·0	11·6
15	15·1	15·2	15·5	16·0	16·6	17·3
20	20·1	20·3	20·7	21·3	22·1	23·1
25	25·1	25·4	25·9	26·6	27·6	28·9
30	30·1	30·4	31·0	31·9	33·1	34·6
35	35·1	35·5	36·2	37·2	38·6	40·4
40	40·2	40·6	41·4	42·6	44·1	46·2
45	45·2	45·7	46·6	47.9	49·6	52·0
50	50·2	50·8	51·8	53·2	55·2	57·7

Die Berechnung der Stromstärken und ihrer Richtungen in den verschiedenen Tiefen wird etwas erschwert durch die Beugung der Leine, namentlich dadurch, dass die Beugung verschiedene Richtungen haben kann, den verschiedenen Stromrichtungen entsprechend. Im Folgenden bedeuten $v_{2^1/_2}$, v_5, v_{10} u. s. w. die für die verschiedenen Tiefen beobachteten Winkel; $B_{2^1/_2}$, B_5, B_{10}, B_{15} u. s. w. die Beugung von 5 m Leine $2^1/_2$ m zu jeder Seite der durch den Index angegebenen Tiefe; $v'_{2^1/_2}$, v'_5, v'_{10} u. s. w. die Winkel, welche das untere Ende der Leine in den betreffenden Tiefen mit der senkrechten Linie bildet; $H_{2^1/_2}$, H_5, H_{10} u. s. w. die dadurch bestimmten Geschwindigkeiten. Zur Berechnung wird die Tabelle 5 benutzt, in der die Geschwindigkeiten

aufgeführt sind, welche Libellenausschlägen entsprechen unter der Voraussetzung, dass die untersten $2^1/_2$ m der Leine eine Beugung haben, die der Geschwindigkeit entspricht da, wo der Abtriftskörper sich befindet.

Tabelle 5

Stromgeschwindigkeiten in $^{cm}/_{sec}$, mit Libellenstrommesser gemessenen Winkeln entsprechend, wenn die untersten $2^1/_2$ m Leine und nur dieses Stück von dem Strom gebogen ist — samt den den verschiedenen Geschwindigkeiten entsprechenden Beugungen von 5 m Leine. Die Dicke der Leine war 1·7 mm.

Cylinder	I		II		III		kein		kein	
Dimension	35 cm × 15 cm		50 cm × 22 cm		66 cm × 33 cm					
Gewicht	1·0 kg		2·0 kg		3·4 kg					
Gewicht des Lots	10·8 kg		10·8 kg		10·8 kg		10·8 kg		6·5 kg	
	Geschw.	Beugung	Geschw.	Beugung	Geschw.	Beugung	Geschw.	Beugung	Geschw.	Beugung
Winkel 1	17	0·1	13	0·0	7	0·0	32	0·3	28	0·4
— 2	25	0·2	21	0·1	12	0·0	43	0·6	40	0·9
— 3	31	0·3	26	0·2	17	0·1	51	0·9	49	1·3
— 4	35	0·4	30	0·3	20	0·1	58	1·1	57	1·7
— 5	39	0·5	34	0·3	23	0·1	64	1·4	64	2·2
— 6	42	0·5	38	0·4	26	0·2	71	1·7	71	2·7
— 7	45	0·6	41	0·5	29	0·2	77	2·0	78	3·2
— 8	48	0·7	44	0·6	32	0·3	84	2·4	84	3·8
— 9	51	0·8	46	0·6	34	0·3	90	2·7	91	4·4
— 10	54	0·9	48	0·7	36	0·3	96	3·1	98	5·1
— 11	56	1·0	50	0·7	39	0·4	102	3·5	104	5·8
— 12	58	1·0	53	0·8	42	0·5	108	3·9	110	6·5
— 13	60	1·1	55	0·9	44	0·5	113	4·3	116	7·2
— 14	63	1·2	57	0·9	46	0·5	119	4·8	122	7·9
— 15	65	1·3	58	1·0	48	0·6	124	5·2	128	8·7
— 16	67	1·4	60	1·0	51	0·7	130	5·7	134	9·6
— 17	70	1·5	62	1·1	53	0·7	136	6·3	139	10·3
— 18	72	1·6	64	1·2	55	0·8	141	6·7	145	11·2
— 19	74	1·7	65	1·2	57	0·8	146	7·2	150	12·0
— 20	76	1·8	67	1·3	59	0·9	151	7·7	155	12·8
— 21	78	1·9	69	1·4	61	1·0	156	8·2	161	13·8
— 22	80	2·0	71	1·4	64	1·1	161	8·8	166	14·7
— 23	82	2·1	73	1·5	66	1·1	166	9·3	171	15·6
— 24	84	2·2	74	1·6	68	1·2	171	9·9		
— 25	86	2·3	76	1·6	70	1·3	176	10·5		
— 26	88	2·4	78	1·7	72	1·3	180	11·0		
— 27	90	2·5	79	1·8	74	1·4	185	11·6		
— 28	92	2·6	81	1·9	76	1·5	189	12·1		
— 29	94	2·7	83	2·0	78	1·6	194	12·8		
— 30	96	2·9	85	2·1	80	1·6	199	13·4		
— 31	98	3·0	86	2·1	83	1·8	203	14·0		
— 32	100	3·1	88	2·2	85	1·9	207	14·5		

Beim Berechnen der Stromstärke in den verschiedenen Tiefen verfährt man in folgender Weise, indem wir vorläufig davon ausgehen, dass die angewendete Belastung der Leine (Cylinder + Lot) in allen Tiefen dieselbe ist.

1) Aus der Tab. 5 findet man direkt die Geschwindigkeit für $2^1/_2$ m Tiefe $H_{2^1/_2}$ und die ihr entsprechende Beugung $B_{2^1/_2}$ von 5 m Leine; die Beugung der obersten $2^1/_2$ m Leine beträgt also $0{\cdot}5\, B_{2^1/_2}$.

2) Von der Ablesung für 5 m Tiefe v_5 wird $0{\cdot}5\, B_{2^1/_2}$ subtrahiert, wodurch man den Winkel erhält, den die Leine in 5 m Tiefe mit der Lotlinie bildet + die Beugung der Leine zwischen $2^1/_2$ und 5 m. Durch die Differenz $v_5 \div 0{\cdot}5\, B_{2^1/_2}$ finden wir daher aus Tab. 5 die Geschwindigkeit in 5 m Tiefe und die ihr entsprechende Beugung von 5 m Leine B_5.

3) Indem man $0{\cdot}5\, B_{2^1/_2}$ und B_5 addiert, findet man die Beugung der obersten $7^1/_2$ m Leine. Von der Ablesung für 10 m Tiefe v_{10} wird diese Summe subtrahiert, wodurch man den Winkel erhält, den die Leine in 10 m Tiefe mit der Lotlinie bildet + die Beugung der Leine zwischen $7^1/_2$ und 10 m Tiefe. Durch die Differenz $v_{10} - (0{\cdot}5\, B_{2^1/_2} + B_5)$ finden wir daher aus Tab. 5 die Geschwindigkeit in 10 m Tiefe und zum Gebrauch bei späteren Rechnungen die entsprechende Beugung B_{10}.

In dieser Weise wird fortgefahren, indem die Geschwindigkeiten successive gefunden werden und Additionen und Subtraktionen geometrisch aufzufassen sind.

Im folgenden Schema ist eine Übersicht über das Verfahren gegeben.

Tiefe	Beobachteter Winkel		Geschwindigkeit	Beugung
$2^1/_2$	$v_{2^1/_2}$	$v_{2^1/_2} = v'_{2^1/_2} + 0{\cdot}5\, B_{2^1/_2}$	$H_{2^1/_2}$	$B_{2^1/_2}$
5	v_5	$v_5 - 0{\cdot}5\, B_{2^1/_2} = v'_5 + 0{\cdot}5\, B_5$	H_5	B_5
10	v_{10}	$v_{10} - (0{\cdot}5\, B_{2^1/_2} + B_5) = v'_{10} + 0{\cdot}5\, B_{10}$	H_{10}	B_{10}
15	v_{15}	$v_{15} - (0{\cdot}5\, B_{2^1/_2} + B_5 + B_{10}) = v'_{15} + 0{\cdot}5\, B_{15}$	H_{15}	B_{15}
20	v_{20}	u. s. w.		

In der Praxis lässt diese Rechnung sich in verschiedener Weise ausführen, aber da man bei der Anwendung der hier beschriebenen Strommessungsmethode im Stande ist, Beobachtungsreihen mit kurzen Zeitzwischenräumen anzustellen, so dass ihre Anzahl leicht gross wird, wird es von Bedeutung sein, dass die Ausrechnung so leicht und bequem wie möglich von statten geht; die bei der erwähnten Beobachtungsreihe vom „Thor" aus angewendete Methode, die als eine mechanische zu bezeichnen wäre, soll deshalb hier durch ein Zahlenbeispiel veranschaulicht werden. Zur Ausrechnung wurde eine Tafel

verwendet, welche in Fig. 5 in $^1/_5$ natürl. Grösse abgebildet ist, ein Lineal mit Centimetermass, ein Transporteur und schliesslich einige Stecknadeln.

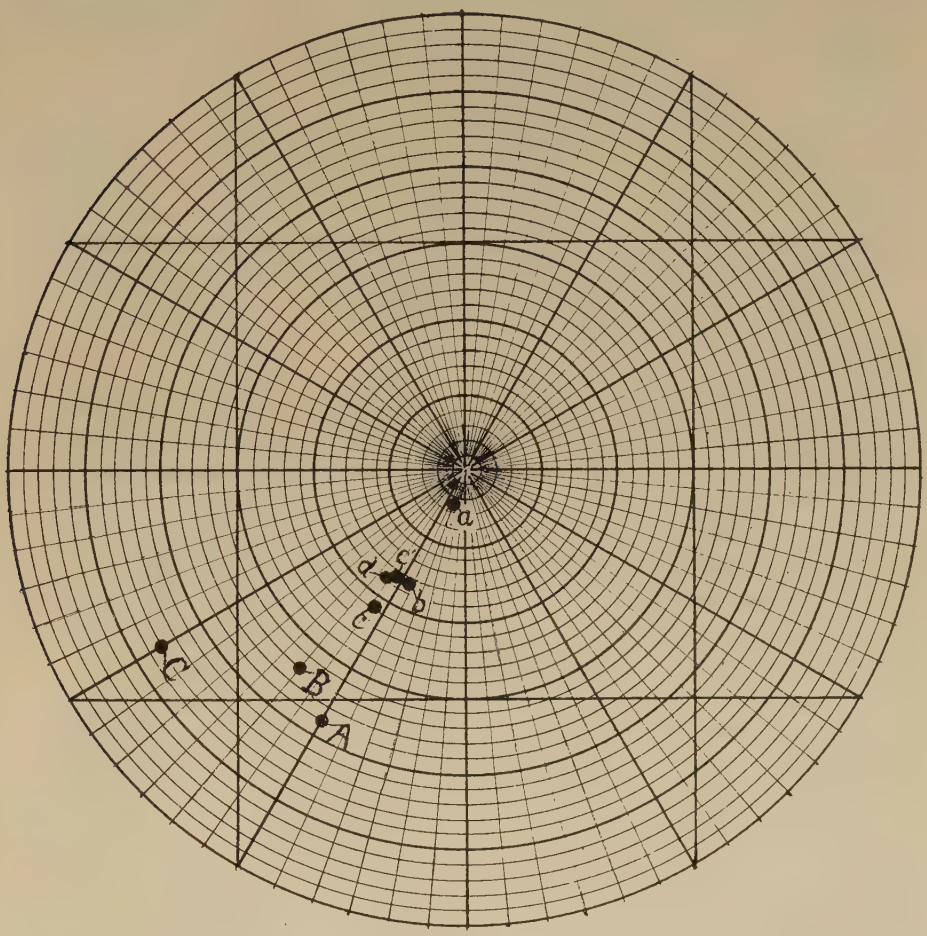


Fig. 5

Es sei z. B. die beobachtete Reihe von Winkeln und Richtungen für die verschiedenen Tiefen die folgende.

Tiefe	Cylinder	Lot	Richtung	Winkel
$2^1/_2$	kein	10·8	S 20 W	15
5	„	„	S 30 W	19
10	„	„	S 40 W	17
15	III	„	S 60 W	23

Wir verfahren nach dem S. 16 angeführten Schema.

1) Aus Tab. 5 finden wir durch Benutzung der Kolumne „Kein Cylinder, Lot 10·8 kg“ $H_{2^1/_2} = 124$ cm/sec; die Richtung ist S 20 W; die dieser Geschwindigkeit entsprechende Beugung $B_{2^1/_2}$ ergibt sich aus der Tabelle als 5·2; ihre Richtung ist S 20 W. Die Beugung der obersten $2^1/_2$ m der Leine wird durch Multiplikation dieser Grösse mit $^1/_2$ gefunden und im Punkt a markiert.

2) $v_5 = 19°$ mit Richtung S 30 W wird auf der Tafel im Punkt A markiert. Die Linie aA gibt dann $v'_5 + 0{\cdot}5\,B_5$ in Grösse und Richtung an, die sich durch Benutzung von Lineal und Transporteur als 16·4 und S 32 W ergeben. H_5, dessen Richtung S 32 W ist, ergibt sich danach aus Tab. 5 als 132 cm/sec. Die Beugung B_5, deren Richtung S 32 W ist, ergibt sich als 5·9 und wird mittels des Lineals geometrisch mit $0{\cdot}5 \cdot B_{2^1/_2}$ addiert. Das Resultat wird auf der Tafel im Punkt b markiert.

3) $v_{10} = 17°$ mit der Richtung S 40 W wird auf der Tafel im Punkt B markiert. Die Linie bB gibt dann $v'_{10} + 0{\cdot}5 \cdot B_{10}$ in Grösse und Richtung an, die sich durch Benutzung von Lineal und Transporteur als 9·0 und S 52 W ergeben. H_{10}, dessen Richtung S 52 W ist, ergibt sich danach aus Tab. 5 als 90 cm/sec. Die Beugung B_{10}, deren Richtung S 52 W ist, ergibt sich als 2·7 und wird mittels des Lineals geometrisch mit $0{\cdot}5 \cdot B_{2^1/_2} + B_5$ addiert, welche Summe im Punkt b markiert ist. Das Resultat wird auf der Tafel im Punkt c markiert.

In dieser Weise kann fortgefahren werden, wenn die Belastung dieselbe ist. Wechselt man dagegen Cylinder und Belastung, so muss man sich erinnern, dass die durch die verschiedenen Stromgeschwindigkeiten verursachten Beugungen der Leine im umgekehrten Verhältnis zu den Belastungen reduziert werden; in dem angeführten Beispiel ist die Gesamtbelastung in 15 m Tiefe 14·2 kg, während sie für die Tiefen $2^1/_2$, 5 und 10 m 10·8 kg. war. Die am Punkt c repräsentierte Beugung muss daher mit $\frac{10{\cdot}8}{14{\cdot}2}$ multipliziert werden, um die Beugung zu ergeben, die man bei der neuen Belastung hat; diese Beugung ist am Punkt c' repräsentiert.

Das Verfahren ist nun dasselbe wie vorhin, solange die Belastung 14·2 kg ist, indem wir nur vom Punkt c' aus gehen statt vom Punkt c und die Kolumne der Tabelle 5 benutzen, die durch Cylinder III und Lot 10·8 kg gekennzeichnet ist.

4) $v_{15} = 23$ mit der Richtung S 60 W wird auf der Tafel im Punkt C markiert. Die Linie $c'C$ gibt dann $v'_{15} + 0{\cdot}5\,B_{15}$ in Grösse und Richtung an, indem die Beugung hier auf die neue Belastung bezogen ist. Durch Lineal und Transporteur werden die Werte 16·0 und S 74 W gefunden. H_{15} mit der Richtung S 74 W ergibt sich aus Tab. 5 als 51 cm/sec. Die Beugung B_{15}, deren Richtung S 74 W ist, ergibt sich aus der Tabelle als 0·7 und wird mittels des Lineals geometrisch

mit der bei c' repräsentierten Grösse addiert; das Resultat wird auf der Tafel im Punkt d markiert u. s. w.

Bei Anwendung dieser Rechenmethode wird die Berechnung der Richtung und Stärke der Ströme einer Reihe von 8 Messungen ca. 5 Min. dauern.

Taf. II enthält Beispiele von Messungen mit dem hier beschriebenen Libellenstrommesser zum Vergleich mit gleichzeitig ausgeführten Messungen mit Ekman's Strommesser; die Messungen wurden ausgeführt vom „Thor" im Langelandsbelt am 16. und 17. Juni; jede Reihe Strommessungen von der Oberfläche bis auf den Boden mit Messungen für jeden 5. Meter dauerte 10—25 Minuten, je nachdem man die ganze Zeit hindurch denselben Abtriftskörper gebrauchen konnte oder wechseln musste.

In der Tafel ist für jede Tiefe eine verschiedene Abscissenachse benutzt, die mit der betreffenden Tiefe markiert ist. Die Zeit ist als Abscisse, die Geschwindigkeit als Ordinate nach dem an der Tafel angegebenen Masstab abgesetzt. Die Ströme, die im Langelandsbelt zwei Hauptrichtungen haben, sind in ausgehende mit Richtungen von S 66 E—S—N 66 W und eingehende mit Richtungen von N 66 W—N—S 66 E geteilt. Die Grenze zwischen den aus- und eingehenden ist vielleicht etwas unsicher, in der Hauptsache aber doch richtig. Ausgehende Ströme sind aufwärts, eingehende Ströme sind abwärts abgesetzt. Auf Grundlage der Beobachtungen sowohl mit Ekman's Strommesser als mit dem Libellenstrommesser sind Stromgeschwindigkeitskurven gezeichnet; die Kurven sind mit den Tiefen markiert, für welche sie gelten.

Wenn man auch, namentlich bei geringer Stromstärke, mit dem Libellenstrommesser nicht dieselbe Genauigkeit erreichen kann, wie mit Ekman's Apparat, so wird er doch in vielen Fällen gute Dienste leisten können.

Der wesentlichste Vorteil des Libellenstrommessers ist sicherlich die Leichtigkeit der Bedienung, sowie die Erzielung zahlreicher Beobachtungen im Laufe kurzer Zeit. Aber es ergibt sich noch ein andrer Vorteil. Da man die ganze Zeit hindurch im Stande ist, die Bewegung der Luftblase zu beobachten, wird es bis zu einem gewissen Grad möglich, die Eigenbewegungen des Schiffes zu kontrollieren, falls solche vorliegen.

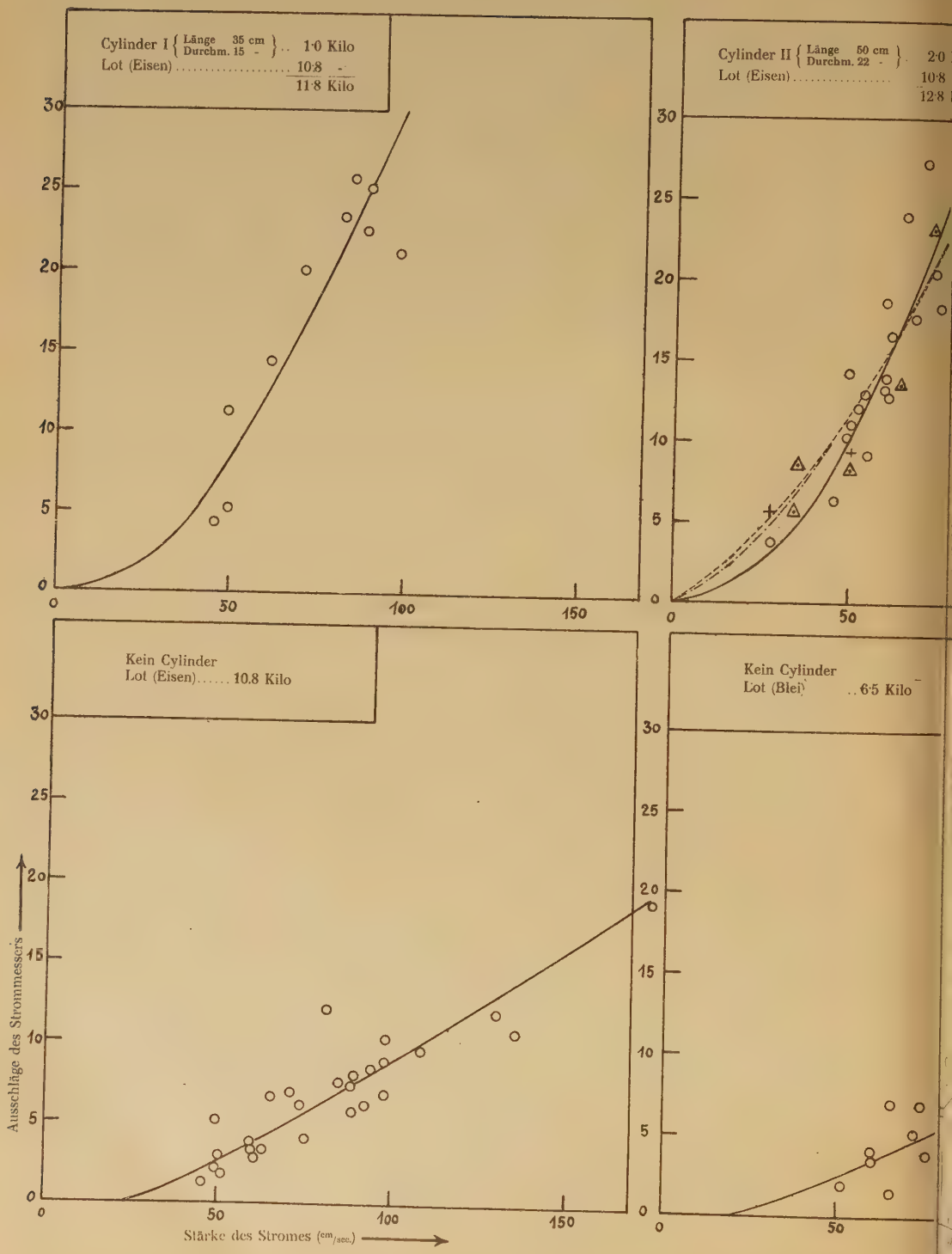
Der Apparat ist an Bord am besten so anzubringen, dass die Leine nicht leicht mit der Schiffswand in Berührung kommt, wenn das Schiff mehr oder weniger auf dem Winde liegt und der Strom gegen die Seite des Schiffes geht. Eventuell kann man sich darauf einrichten, den Apparat seinen Platz wechseln zu lassen.

Systematische Messungen mit Libellenstrommesser sind an keinem anderen Orte als im Langelandsbelt unternommen worden. In welchem

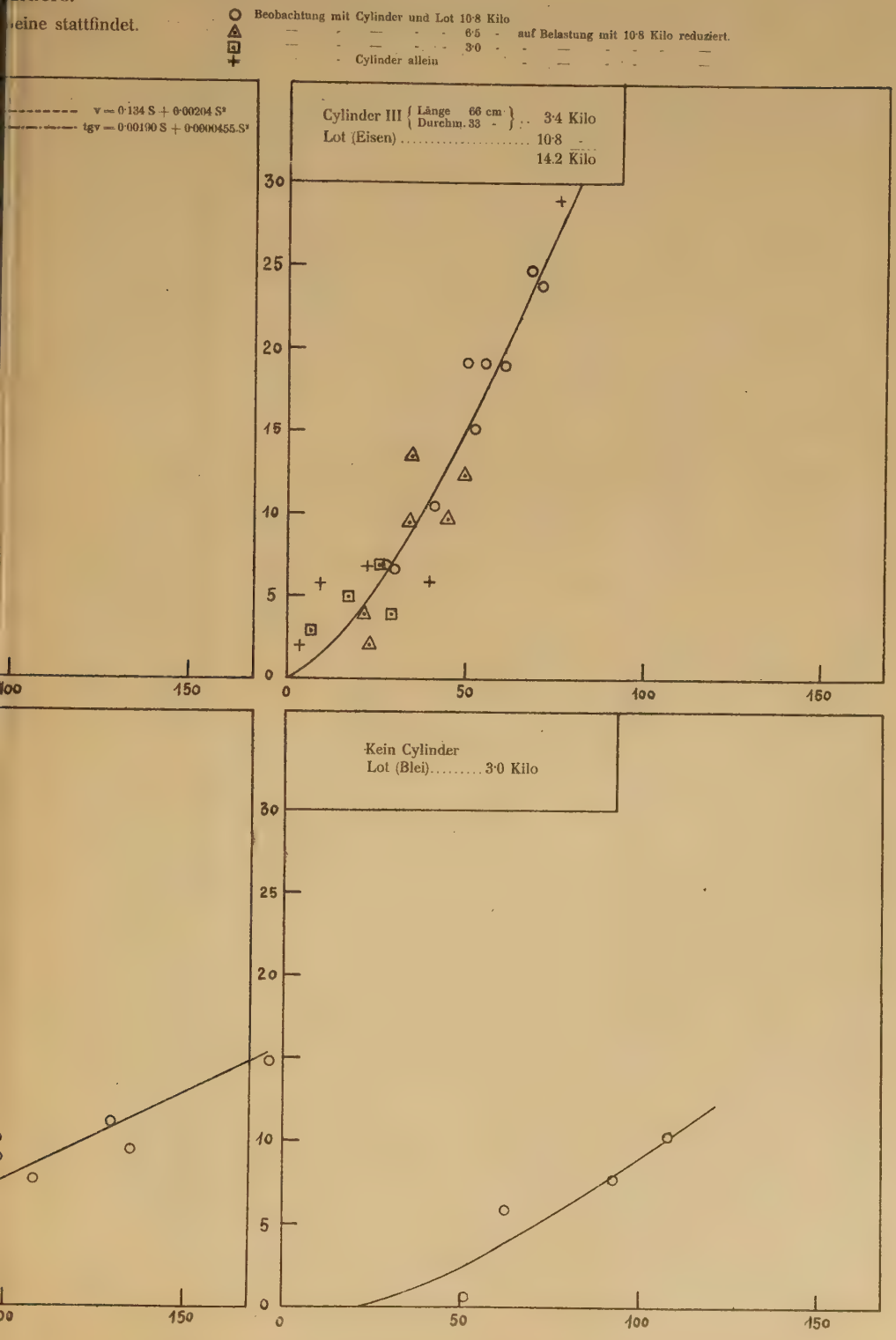
Grade die Messungen durch unruhigere Verhältnisse erschwert werden, muss die Erfahrung später zeigen.

Massgebend für die Grösse der Tiefen, bis zu welchen die Messungen noch zuverlässig sind, ist die Genauigkeit der Korrektion für die Leinenbeugung. In 35 m Tiefe bot die angewandte Leine keine Schwierigkeiten dar, und da die Beugung bei halb so dicker Leine nur halb so gross wird, ist zu erwarten, dass man mit einer solchen — eine Klaviersaite liesse sich sicherlich dazu verwenden — bis in die doppelte Tiefe hinabgelangen könnte. Da schliesslich die Beugung dem Quadrat der Stromgeschwindigkeit proportional ist und im Langelandsbelt besonders starke Ströme auftreten, dürfte man wohl mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass man in einem offeneren Gewässer, was die Beugung der Leine betrifft, günstigere Bedingungen haben würde.

Ausschläge des Libellenstrommessers in Bogengr
Grösse
Wenn keine Beug



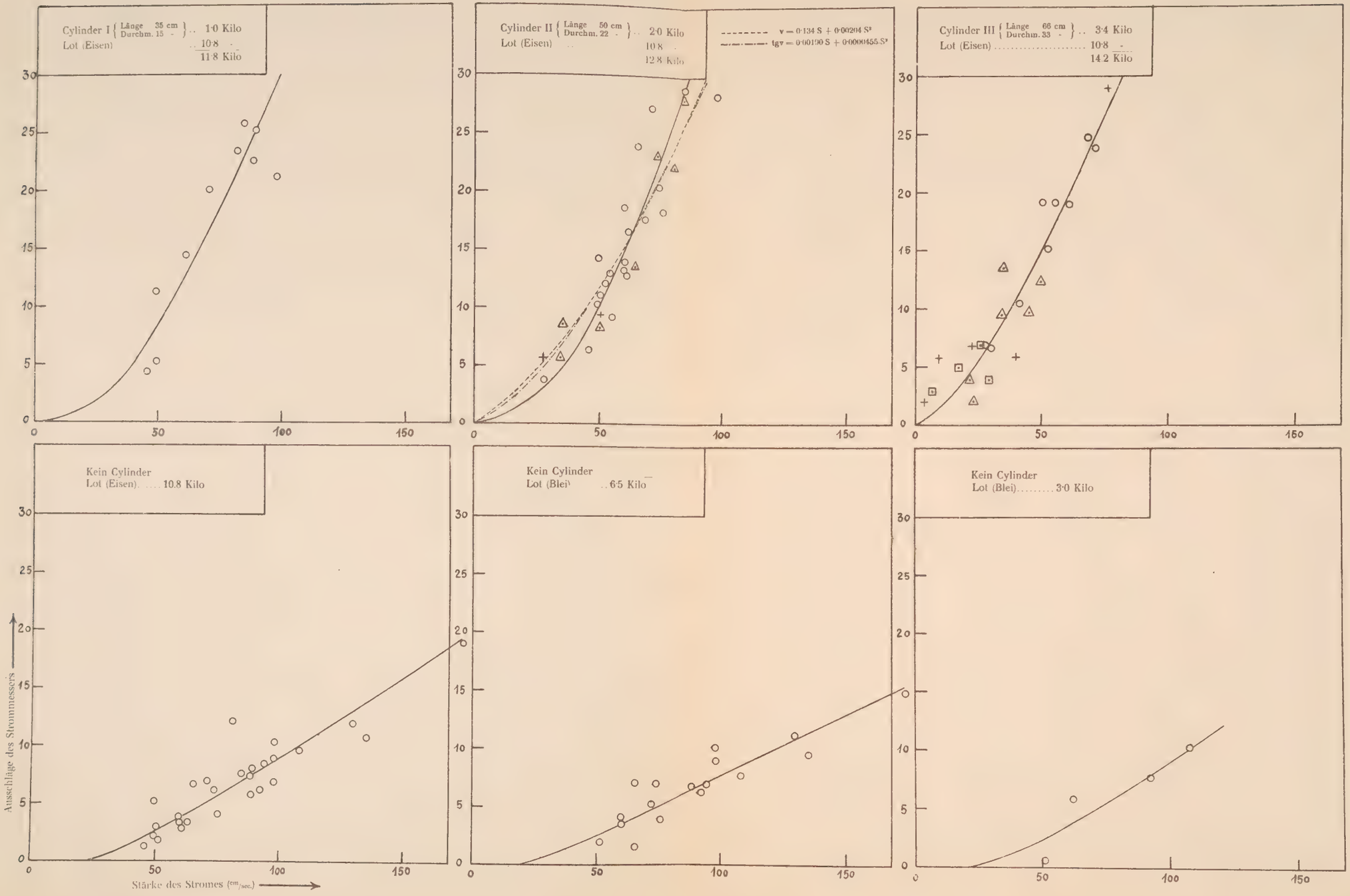
Abhängigkeit von Stromstärke, Belastung und
nders.
eine stattfindet.



Ausschläge des Libellenstrommessers in Bogengraden in Abhängigkeit von Stromstärke, Belastung und Grösse des Cylinders.

Wenn keine Beugung der Leine stattfindet.

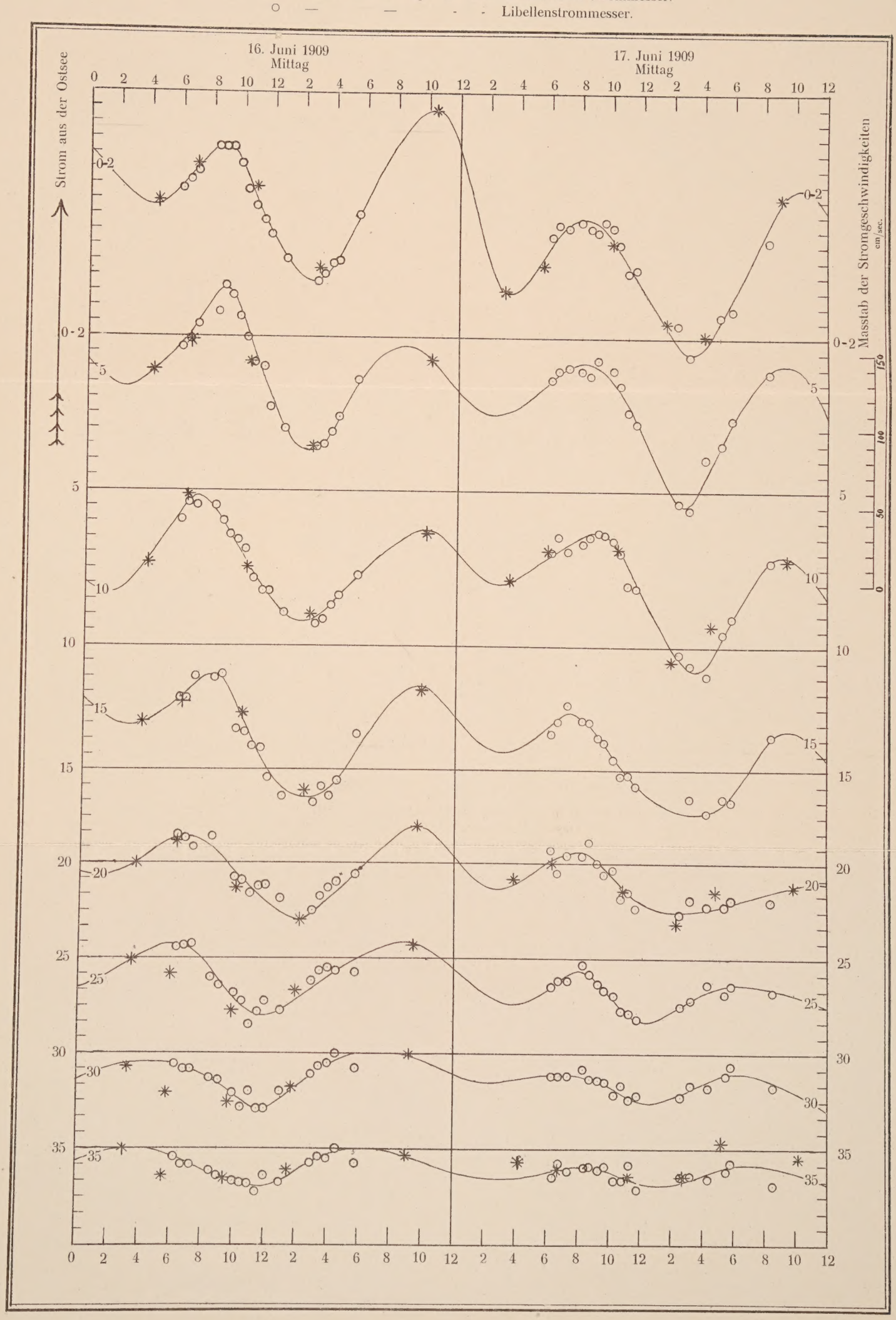
○ Beobachtung mit Cylinder und Lot 10·8 Kilo
△ — — — 6·5 — auf Belastung mit 10·8 Kilo reduziert.
□ — — — 3·0 — — — — — — —
\+ Cylinder allein — — —



Vergleich zwischen dem Ekman'schen Strommesser und dem Libellenstrommesser.

Die Strommessungen sind im Grossen Belt (10°52',2 ö. Länge 54°55',7 n. Breite) vom dänischen Untersuchungsdampfer „Thor" vorgenommen. Die Zahlen an den Kurven und an den dazu gehörenden Abszissenachsen geben die Tiefen an, in welchen die Strommessungen ausgeführt sind. Die abgesetzte Geschwindigkeit ist die volle gemessene, indem Ströme von S66E über S bis N66W als ausgehende (aufwärts abgesetzt) und Ströme von N66W über N bis S66E als eingehende (abwärts abgesetzt) gerechnet sind.

✳ bedeutet Beobachtungen mit dem Ekman'schen Strommesser.
○ — — - - Libellenstrommesser.



NB. Une **LISTE DES PUBLICATIONS** du Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, savoir:

Série A: Rapports et Procès-Verbaux des réunions

— B: Bulletin (trimestriel) des résultats acquis pendant les croisières périodiques etc.

— C: Publications de circonstance

— D: Bulletin statistique

a paru en Avril 1909. Elle est envoyée **franco**, sur demande adressée à MM. **Andr. Fred. Høst et fils**, libraires à Copenhague.

COPENHAGUE - IMPRIMERIE BIANCO LUNO